

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

ИНСТИТУТ ЛАЗЕРНЫХ И ПЛАЗМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ  
КАФЕДРА ЛАЗЕРНОЙ ФИЗИКИ

ОДОБРЕНО УМС ЛАПЛАЗ

Протокол № 1/08-577

от 29.08.2024 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**  
**ЦИФРОВЫЕ МЕТОДЫ В ОПТИКЕ И ФОТОНИКЕ**

Направление подготовки  
(специальность)

[1] 12.04.03 Фотоника и оптоинформатика

Семестр	Трудоемкость, кред.	Общий объем курса, час.	Лекции, час.	Практич. занятия, час.	Лаборат. работы, час.	В форме практической подготовки/ В	СРС, час.	KCP, час.	Форма(ы) контроля, экз./зач./КР/КП
2	2	72	4	26	0		42	0	3
3	3	108	8	24	0		40	0	Э
Итого	5	180	12	50	0	0	82	0	

## **АННОТАЦИЯ**

Дисциплина «Цифровые методы в оптике и фотонике» направлена на изучение и развитие понимания у студентов возможностей применения методов и схем информационной оптики и фотоники в таких областях, как оптико-цифровая обработка сигналов и изображений, оптико-цифровые телекоммуникационные системы, оптико-цифровые системы хранения данных

### **1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

Цель дисциплины:

► подготовка разработчиков оптической и медицинской техники к участию в создании новых оптико-цифровых систем регистрации сигналов и изображений различной природы, высокоскоростной передачи данных, обработки и хранения данных, формирования двух и трехмерных изображений.

Задачами дисциплины является изучение:

- Основ цифровой обработки сигналов и изображений.
- Основ и методов моделирования фотонных телекоммуникационных систем и систем обработки, и аналого-цифрового преобразования сигналов микроволнового диапазона.
- Методов и систем формирования изображений, в том числе современных цифровых систем.
- Основ и методов моделирования когерентных дифракционных систем.
- Основ компьютерной и цифровой голограммии.
- Основ и методов хранения и обработки данных с применением когерентных дифракционных систем.

### **2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО**

Логически и содержательно данный курс является частью специализации, являющейся неотъемлемой частью знаний физика, как специалиста в области современных методов и средств фотоники и оптоинформатики. Для успешного освоения дисциплины необходимы знания по предшествующим университетским курсам физики, математического анализа, оптики и фотоники

### **3. ФОРМИРУЕМЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ**

Универсальные и(или) общепрофессиональные компетенции:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
--------------------------------	--

Профессиональные компетенции в соответствии с задачами и объектами (областями знаний) профессиональной деятельности:

Задача	Объект или область	Код и наименование	Код и наименование
--------	--------------------	--------------------	--------------------

<b>профессиональной деятельности (ЗПД)</b>	<b>знания</b>	<b>профессиональной компетенции; Основание (профессиональный стандарт-ПС, анализ опыта)</b>	<b>индикатора достижения профессиональной компетенции</b>
<b>научно-исследовательский</b>			
формулирование задачи и плана научного исследования в области фотоники и оптоинформатики; построение математических моделей объектов исследования и выбор численного метода их моделирования, разработка алгоритма решения задачи; выполнение математического (компьютерного) моделирования и оптимизации параметров объектов фотоники и оптоинформатики; исследование элементов, устройств и систем фотоники и оптоинформатики; выбор оптимального метода и разработка программ экспериментальных исследований и измерений с выбором технических средств и обработкой результатов; осуществление наладки, настройки и опытной проверки отдельных видов систем фотоники и оптоинформатики в лабораторных условиях; составление описаний проводимых исследований,	фундаментальные и прикладные научно-исследовательские разработки в области фотоники и оптоинформатики;	<p>ПК-1.1 [1] - Способен разрабатывать оптические методы записи, передачи, обработки, хранения и отображения информации; использовать оптические методы, для решения задач распознавания образов и искусственного интеллекта</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 29.004</p>	<p>3-ПК-1.1[1] - Знать: физические принципы, лежащие в основе оптических методов записи, передачи, обработки, хранения и отображения информации;</p> <p>У-ПК-1.1[1] - Уметь: применять знания об оптических методах записи, передачи, обработки, хранения и отображения информации в профессиональной деятельности;</p> <p>В-ПК-1.1[1] - Владеть: навыками решения задач, связанных с разработкой новых методов записи, передачи, обработки, хранения и отображения информации, навыками использования оптических методов для решения задач распознавания образов и искусственного интеллекта</p>

<p>подготовка данных для составления отчетов, обзоров и другой технической документации; защита приоритета и новизны полученных результатов исследований с использованием юридической базы для охраны интеллектуальной собственности</p>			
<p>формулирование задачи и плана научного исследования в области фотоники и оптоинформатики; построение математических моделей объектов исследования и выбор численного метода их моделирования, разработка алгоритма решения задачи; выполнение математического (компьютерного) моделирования и оптимизации параметров объектов фотоники и оптоинформатики; исследование элементов, устройств и систем фотоники и оптоинформатики; выбор оптимального метода и разработка программ экспериментальных исследований и измерений с выбором технических средств и обработкой результатов; осуществление наладки, настройки и опытной проверки</p>	<p>фундаментальные и прикладные научно-исследовательские разработки в области фотоники и оптоинформатики;</p>	<p>ПК-1.7 [1] - способен применять цифровые методы и средства анализа и обработки оптических сигналов и изображений</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 29.004</p>	<p>З-ПК-1.7[1] - Знать: цифровые методы и основные принципы анализа и обработки оптических сигналов и изображений; У-ПК-1.7[1] - Уметь: применять цифровые методы и средства анализа и обработки оптических сигналов и изображений; В-ПК-1.7[1] - Владеть: навыками сравнительного анализа цифровых методов и средств анализа и обработки оптических сигналов и изображений</p>

<p>отдельных видов систем фотоники и оптоинформатики в лабораторных условиях; составление описаний проводимых исследований, подготовка данных для составления отчетов, обзоров и другой технической документации; защита приоритета и новизны полученных результатов исследований с использованием юридической базы для охраны интеллектуальной собственности</p>			
<p>формулирование задачи и плана научного исследования в области фотоники и оптоинформатики; построение математических моделей объектов исследования и выбор численного метода их моделирования, разработка алгоритма решения задачи; выполнение математического (компьютерного) моделирования и оптимизации параметров объектов фотоники и оптоинформатики; исследование элементов, устройств и систем фотоники и оптоинформатики; выбор оптимального метода и разработка программ экспериментальных исследований и</p>	<p>фундаментальные и прикладные научно-исследовательские разработки в области фотоники и оптоинформатики;</p>	<p>ПК-1 [1] - способен владеть навыками компьютерного моделирования информационных сигналов и систем, синтеза кодов, количественного анализа характеристик информационных систем</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 29.004</p>	<p>З-ПК-1[1] - Знать: основные понятия, математический аппарат и алгоритмы обработки и анализа характеристик информационных сигналов; базовые и современные схемные и алгоритмические решения оптических и фотонных систем обработки и хранения информации ; У-ПК-1[1] - Уметь: использовать современные компьютеры для решения научно-исследовательских задач; строить простые и средней сложности математические модели информационных сигналов и систем; ; В-ПК-1[1] - Владеть: способами создания моделей для описания и прогнозирования</p>

<p>измерений с выбором технических средств и обработкой результатов; осуществление наладки, настройки и опытной проверки отдельных видов систем фотоники и оптоинформатики в лабораторных условиях; составление описаний проводимых исследований, подготовка данных для составления отчетов, обзоров и другой технической документации; защита приоритета и новизны полученных результатов исследований с использованием юридической базы для охраны интеллектуальной собственности</p>			<p>различных явлений, осуществления их качественного и количественного анализа; практическими навыками численного моделирования типовых задач в своей предметной области с требуемой степенью точности;</p>
<p>формулирование задачи и плана научного исследования в области фотоники и оптоинформатики; построение математических моделей объектов исследования и выбор численного метода их моделирования, разработка алгоритма решения задачи; выполнение математического (компьютерного) моделирования и оптимизации параметров объектов фотоники и оптоинформатики; исследование элементов, устройств</p>	<p>фундаментальные и прикладные научно-исследовательские разработки в области фотоники и оптоинформатики;</p>	<p>ПК-2 [1] - способен пользоваться математическим аппаратом в области теории информации, кодирования, теории информационных систем и сигналов <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 29.004</p>	<p>З-ПК-2[1] - Знать: основы теории сигналов, теории информации и кодирования; фундаментальные информационные свойства оптических систем ; У-ПК-2[1] - Уметь: решать типичные модельные математические задачи теории информации, кодирования, теории информационных систем и сигналов ; В-ПК-2[1] - Владеть: методами программирования алгоритмов теории информации и кодирования, теории</p>

<p>и систем фотоники и оптоинформатики; выбор оптимального метода и разработка программ экспериментальных исследований и измерений с выбором технических средств и обработкой результатов; осуществление наладки, настройки и опытной проверки отдельных видов систем фотоники и оптоинформатики в лабораторных условиях; составление описаний проводимых исследований, подготовка данных для составления отчетов, обзоров и другой технической документации; защита приоритета и новизны полученных результатов исследований с использованием юридической базы для охраны интеллектуальной собственности</p>			сигналов.
---	--	--	-----------

проектно-конструкторский			
<p>анализ состояния научно-технической проблемы, постановка цели и задач проектирования приборов и систем фотоники и оптоинформатики; разработка функциональных и структурных схем приборов и систем фотоники и оптоинформатики и установление технических</p>	<p>элементная база полупроводниковых, волоконных и планарных лазеров; элементная база и системы преобразования и отображения информации; устройства и системы на основе когерентной оптики и голограмии; устройства и системы компьютерной</p>	<p>ПК-5 [1] - способен проектировать и конструировать в соответствии с техническим заданием типовые оптические и оптоинформационные системы</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011</p>	<p>З-ПК-5[1] - Знать: особенности и области применения оптических и оптоинформационных систем; правила оформления проектной и конструкторской документации ; У-ПК-5[1] - Уметь: анализировать технические требования, предъявляемые к разрабатываемым</p>

требований на отдельные блоки и элементы; проектирование и конструирование различных типов оптических и оптоинформационных систем, блоков и узлов с использованием средств компьютерного проектирования, проведение проектных расчетов и технико-экономическим обоснованием конструкторских решений; оценка технологичности конструкторских решений, разработка технологических процессов сборки и контроля элементов, устройств и систем; составление технической документации, включая инструкции по эксплуатации, программы испытаний, технические условия; участие в наладке, испытаниях и сдаче в эксплуатацию опытных образцов.	фотоники; системы оптических и квантовых вычислений и оптические компьютеры; элементная база, системы и методы, обеспечивающие оптическую передачу, прием, обработку, запись и хранение информации;		узлам, блокам и системам; проводить концептуальную и проектную проработку типовых систем, приборов, деталей и узлов; представлять и оформлять результаты проектно-конструкторской деятельности ; В-ПК-5[1] - Владеть: навыками проектирования и конструирования типовых оптических и оптоинформационных системы
---	---	--	---

#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Разделы учебной дисциплины, их объем, сроки изучения и формы контроля:

№ п.п	Наименование раздела учебной дисциплины	Недели	Лекции/ Практ. (семинары) / Лабораторные работы, час.	Обязат. текущий контроль (форма*, неделя)	Максимальный балл за раздел**	Аттестация раздела (форма*, неделя)	Индикаторы освоения компетенции
	<i>2 Семестр</i>						
1	Первый раздел	1-8	2/14/0		25	КИ-8	3-ПК-1,

						У-ПК-1, В-ПК-1, З-ПК-1.1, У-ПК-1.1, В-ПК-1.1, З-ПК-1.7, У-ПК-1.7, В-ПК-1.7, З-ПК-2, У-ПК-2, В-ПК-2, З-ПК-5, У-ПК-5, В-ПК-5
2	Второй раздел	9-15	2/12/0	25	КИ-15	З-ПК-1, У-ПК-1, В-ПК-1, З-ПК-1.1, У-ПК-1.1, В-ПК-1.1, З-ПК-1.7, У-ПК-1.7, В-ПК-1.7, З-ПК-2, У-ПК-2, В-ПК-2, З-ПК-5, У-ПК-5, В-ПК-5
	<i>Итого за 2 Семестр</i>		4/26/0	50		
	<b>Контрольные мероприятия за 2 Семестр</b>			50	3	З-ПК-1, У-ПК-1, В-ПК-1, З-ПК-1.1, У-ПК-1.1, В-ПК-1.1, З-ПК-1.7, У-ПК-1.7, В-ПК-1.7, З-ПК-2, У-ПК-2, В-ПК-2, З-ПК-5, У-ПК-5, В-ПК-5
	<i>3 Семестр</i>					
1	Первый раздел	1-8	4/12/0	25	КИ-8	З-ПК-1, У-ПК-1, В-ПК-1, З-ПК-1.1, У-ПК-1.1, В-ПК-1.1,

						З-ПК-1.7, У-ПК-1.7, В-ПК-1.7, З-ПК-2, У-ПК-2, В-ПК-2, З-ПК-5, У-ПК-5, В-ПК-5
2	Второй раздел	9-16	4/12/0	25	КИ-15	З-ПК-1, У-ПК-1, В-ПК-1, З-ПК-1.1, У-ПК-1.1, В-ПК-1.1, З-ПК-1.7, У-ПК-1.7, В-ПК-1.7, З-ПК-2, У-ПК-2, В-ПК-2, З-ПК-5, У-ПК-5, В-ПК-5
	<i>Итого за 3 Семестр</i>		8/24/0	50		
	<b>Контрольные мероприятия за 3 Семестр</b>			50	Э	З-ПК-1, У-ПК-1, В-ПК-1, З-ПК-1.1, У-ПК-1.1, В-ПК-1.1, З-ПК-1.7, У-ПК-1.7, В-ПК-1.7, З-ПК-2, У-ПК-2, В-ПК-2, З-ПК-5, У-ПК-5, В-ПК-5

\* – сокращенное наименование формы контроля

\*\* – сумма максимальных баллов должна быть равна 100 за семестр, включая зачет и (или) экзамен

Сокращение наименований форм текущего контроля и аттестации разделов:

Обозначение	Полное наименование
КИ	Контроль по итогам
З	Зачет
Э	Экзамен

## КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Недели	Темы занятий / Содержание	Лек., час.	Пр./сем., час.	Лаб., час.
	<i>2 Семестр</i>	4	26	0
<b>1-8</b>	<b>Первый раздел</b>	2	14	0
1	<b>Тема 1</b> Основы цифровой обработки сигналов. Аналоговые сигналы. Типы аналоговых сигналов в оптике. Основные процедуры цифровой обработки сигналов: аналого-цифровое и цифро-аналоговое преобразования. Системы исчислений. Двоичная система исчисления	Всего аудиторных часов  Онлайн	1 0	0 0
2 - 3	<b>Тема 2</b> Аналого-цифровое преобразование. Дискретизация сигналов. Теорема Котельникова. Функции огибающей сигнала выборки при дискретизации и восстановлении сигналов. Спектр идеально дискретизованного сигнала. Гармоническая выборка. Влияние формы импульсов сигнала выборки на спектр дискретизованного сигнала	Всего аудиторных часов  Онлайн	4 0	0 0
4 - 5	<b>Тема 3</b> Аналого-цифровое преобразование. Квантование сигналов. Бинарная система исчислений. Типы бинарного кода: однополярный, биполярный, однополярный код Грэя, неравномерный. Шумы идеального квантователя: ошибка квантования, насыщение. Ошибки неидеального квантователя: аддитивная, мультиплексивная, интегральная нелинейность, дифференциальная нелинейность, потерянные коды, монотонность ЦАП	Всего аудиторных часов  Онлайн	3 0	0 0
6 - 8	<b>Тема 4</b> Динамические характеристики аналого-цифровых и цифро-аналоговых преобразователей. Отношение сигнал/шум. Гармонические искажения. Отношение сигнал/шум+искажения. Свободный от помех динамический диапазон. Эффективное число бит. Измерение интермодуляционной помехи 3-го порядка	Всего аудиторных часов  Онлайн	6 0	0 0
<b>9-15</b>	<b>Второй раздел</b>	2	12	0
9	<b>Тема 5</b> Тема 5 Динамические характеристики аналого-цифровых и цифро-аналоговых преобразователей. Фазовый шум и джиттер (апertureная ошибка). Способы измерения фазового шума. Периодический джиттер. Циклический джиттер. Интегральный фазовый джиттер. Связь фазового шума и периодического джиттера.	Всего аудиторных часов  Онлайн	1 0	0 0
10 - 11	<b>Тема 6</b> Оптические телекоммуникационные системы. Основные модули и компоненты высокоскоростных оптоволоконных телекоммуникационных линий: лазеры, модуляторы, спектральные мультиплексоры, фотодетекторы. Типы цифровой модуляции в оптоволоконных телекоммуникационных линиях: амплитудная, фазовая,	Всего аудиторных часов  Онлайн	4 0	0 0

	квадратурная. Понятие комплексной огибающей и сигнального созвездия. Электрооптический модулятор Маха-Цендера. Мультиплексирование сигналов: спектральное, частотное, ортогональное			
12 - 13	<b>Тема 7</b> Распространение сигналов в волоконных световодах. Основное уравнение распространения световых импульсов по оптическому волокну. Эффекты: поглощение, хроматическая дисперсия, фазовая само-модуляция, 4-ех волновое смешивание, вынужденное Рамановское рассеяние, Вынужденное Брюльеновское рассеяние. Методы решения основного уравнения распространения световых импульсов по оптическому волокну	Всего аудиторных часов 1 3 0 Онлайн 0 0 0		
14 - 15	<b>Тема 8</b> Фотонные аналого-цифровые преобразователи. Основные виды схем фотонных-аналого-цифровых преобразователей: с оптической поддержкой, с оптической дискретизацией и электронным квантованием, с оптическим квантованием, полностью оптические. Основные схемы фотонных аналого-цифровых преобразователей с оптической дискретизацией и электронным квантованием: одноканальная, одноканальная с дисперсионным растяжением, многоканальная с дисперсионным растяжением, многоканальная со спектральным демультиплексированием. Эффект временной линзы. Дисперсионное преобразование Фурье	Всего аудиторных часов 0 4 0 Онлайн 0 0 0		
	<i>3 Семестр</i>	8 24 0		
<b>1-8</b>	<b>Первый раздел</b>	4 12 0		
1 - 2	<b>Тема 9</b> Оптико-электронные дифракционные системы. Линейная изопланарная оптическая система, импульсный отклик оптической системы. Многоканальная дифракционная система. Численное моделирование когерентных дифракционных систем, скалярное приближение. Интегральные преобразования скалярной теории дифракции. Дискретное представление интегральных преобразований скалярной теории дифракции	Всего аудиторных часов 1 3 0 Онлайн 0 0 0		
3 - 4	<b>Тема 10</b> Определение термина изображение. Оптическое изображение. Схемы формирования изображений: когерентные, некогерентные. Голографическая запись и восстановление изображений.	Всего аудиторных часов 1 3 0 Онлайн 0 0 0		
5 - 6	<b>Тема 11</b> Оптоэлектронные компоненты и устройства регистрации изображений. Матричные фотодетекторы: основные типы, основные характеристики, ограничения. Цифровое изображение. Способы представления двумерных, трехмерных, полутоночных и цветных цифровых изображений. Способы представления цифровой информации в виде двумерного изображения. Страница данных. Основы цифровой обработки изображений	Всего аудиторных часов 1 3 0 Онлайн 0 0 0		

7 - 8	<b>Тема 12</b> Компоненты систем формирования изображений. Пространственно-временные модуляторы света: основные типы, физические принципы работы, основные характеристики, ограничения. Пространственное разрешение. Пространственно-частотная база. Системы дополненной реальности	Всего аудиторных часов		
		1	3	0
Онлайн				
		0	0	0
<b>9-16</b>	<b>Второй раздел</b>	4	12	0
9 - 10	<b>Тема 13</b> Компьютерная голограмма. Компьютерно-синтезированная голограмма. Модель дифракционной структуры компьютерно-синтезированной голограммы. Алгоритмы расчёта моделей дифракционных структур компьютерно-синтезированных голограмм	Всего аудиторных часов		
		1	3	0
Онлайн				
		0	0	0
11 - 12	<b>Тема 14</b> Способы реализации компьютерно-синтезированных голограмм на физическом носителе. Реализация компьютерно-синтезированных голограмм с помощью пространственно-временных модуляторов света. Ограничения применения пространственно-временных модуляторов света для реализации компьютерно-синтезированных голограмм	Всего аудиторных часов		
		1	3	0
Онлайн				
		0	0	0
13	<b>Тема 15</b> Примеры применения компьютерно-синтезированных голограмм: системы оптико-голографической архивной памяти, когерентные дифракционные Фурье-процессоры и корреляторы изображений, детекторы волнового фронта, системы кодирования изображений	Всего аудиторных часов		
		1	1	0
Онлайн				
		0	0	0
14 - 15	<b>Тема 16</b> Цифровые методы восстановления волновых фронтов. Метод фазовых шагов, метод Фурье, метод на основе решения уравнения переноса интенсивности. Цифровая голограмма. Регистрация спекл-изображений. Цифровая спекл-интерферометрия. Повышение качества цифровых голограмм и интерферограмм	Всего аудиторных часов		
		1	3	0
Онлайн				
		0	0	0
16	<b>Тема 17</b> Нейросетевые методы в оптике и фотонике. Основные понятия искусственного интеллекта. Нейрон. Многослойная нейронная сеть. Виды нейронных слоёв. Нейронные сети глубокого обучения. Применение нейросетевых методов в оптике и фотонике	Всего аудиторных часов		
		0	2	0
Онлайн				
		0	0	0

Сокращенные наименования онлайн опций:

Обозначение	Полное наименование
ЭК	Электронный курс
ПМ	Полнотекстовый материал
ПЛ	Полнотекстовые лекции
ВМ	Видео-материалы
АМ	Аудио-материалы
Прз	Презентации
Т	Тесты

ЭСМ	Электронные справочные материалы
ИС	Интерактивный сайт

## 5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Для углубления материала курса и расширения кругозора студентам демонстрируются компьютерные презентации и видеофильмы из специально созданной электронной библиотеки и фильмотеки по темам курса. Традиционно организуются обзорные лекции ведущих специалистов страны по актуальным проблемам оптики и фотоники.

Учебная дисциплина обеспечена учебно-методической документацией и материалами. Ее содержание находится в режиме свободного доступа для студентов.

## 6. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Фонд оценочных средств по дисциплине обеспечивает проверку освоения планируемых результатов обучения (компетенций и их индикаторов) посредством мероприятий текущего, рубежного и промежуточного контроля по дисциплине.

Связь между формируемыми компетенциями и формами контроля их освоения представлена в следующей таблице:

Компетенция	Индикаторы освоения	Аттестационное мероприятие (КП 1)	Аттестационное мероприятие (КП 2)
ПК-1	З-ПК-1	З, КИ-8, КИ-15	Э, КИ-8, КИ-15
	У-ПК-1	З, КИ-8, КИ-15	Э, КИ-8, КИ-15
	В-ПК-1	З, КИ-8, КИ-15	Э, КИ-8, КИ-15
ПК-1.1	З-ПК-1.1	З, КИ-8, КИ-15	Э, КИ-8, КИ-15
	У-ПК-1.1	З, КИ-8, КИ-15	Э, КИ-8, КИ-15
	В-ПК-1.1	З, КИ-8, КИ-15	Э, КИ-8, КИ-15
ПК-1.7	З-ПК-1.7	З, КИ-8, КИ-15	Э, КИ-8, КИ-15
	У-ПК-1.7	З, КИ-8, КИ-15	Э, КИ-8, КИ-15
	В-ПК-1.7	З, КИ-8, КИ-15	Э, КИ-8, КИ-15
ПК-2	З-ПК-2	З, КИ-8, КИ-15	Э, КИ-8, КИ-15
	У-ПК-2	З, КИ-8, КИ-15	Э, КИ-8, КИ-15
	В-ПК-2	З, КИ-8, КИ-15	Э, КИ-8, КИ-15
ПК-5	З-ПК-5	З, КИ-8, КИ-15	Э, КИ-8, КИ-15
	У-ПК-5	З, КИ-8, КИ-15	Э, КИ-8, КИ-15
	В-ПК-5	З, КИ-8, КИ-15	Э, КИ-8, КИ-15

### Шкалы оценки образовательных достижений

Шкала каждого контрольного мероприятия лежит в пределах от 0 до установленного максимального балла включительно. Итоговая аттестация по дисциплине оценивается по 100-балльной шкале и представляет собой сумму баллов, заработанных студентом при выполнении заданий в рамках текущего и промежуточного контроля.

Итоговая оценка выставляется в соответствии со следующей шкалой:

Сумма баллов	Оценка по 4-ех балльной шкале	Оценка ECTS	Требования к уровню освоению учебной дисциплины
90-100	5 – «отлично»	A	Оценка «отлично» выставляется студенту, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, использует в ответе материал монографической литературы.
85-89		B	
75-84		C	
70-74	4 – «хорошо»	D	Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твёрдо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос.
65-69			Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала.
60-64	3 – «удовлетворительно»	E	
Ниже 60	2 – «неудовлетворительно»	F	Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.

## 7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

### ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. ЭИ Ф 34 Введение в цифровую обработку биомедицинских изображений : учебное пособие, Федотов А. А., Санкт-Петербург: Лань, 2022
2. ЭИ Ф 34 Прикладная обработка биомедицинских изображений в среде MATLAB : учебное пособие, Федотов А. А., Санкт-Петербург: Лань, 2022
3. ЭИ Г 93 Цифровая голография. Математические методы : учебное пособие, Гужов В. И., Санкт-Петербург: Лань, 2022

### ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. 004 Г65 Цифровая обработка изображений : , Гонсалес Р., Вудс Р., : Техносфера, 2006

## **ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:**

Специальное программное обеспечение не требуется

## **LMS И ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ:**

<https://online.mephi.ru/>

<http://library.mephi.ru/>

## **8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

Специальное материально-техническое обеспечение не требуется

## **9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ СТУДЕНТОВ**

При изучении курса «Цифровые методы в оптике и фотонике» необходимо твердо усвоить основные принципы цифровой обработки сигналов различной природы, цифровой модуляции сигналов в оптико-электронных цифровых системах, регистрации и аналого-цифрового преобразования оптических сигналов. Необходимо усвоить основные особенности процессов дискретизации и квантования сигналов как во времени, так и в пространстве и основных ограничений этих процедур. Научиться применять методы численного моделирования распространения сигналов в оптических и фотонных системах, а также решать задачи проектирования, расчета и синтеза дискретных фильтрующих функций.

В результате освоения дисциплины «Цифровые методы в оптике и фотонике» студенты получат возможность выполнять проектирование схем и производить квалифицированный подбор оптоэлектронных компонентов оптических и фотонных информационных систем, таких как лазерные источники, электрооптические модуляторы света, пространственно-временные модуляторы света, широкополосные фотодетекторы, матричные фотодетекторы и другие комплектующие изделия, а также пассивные компоненты, такие как линзы, разветвители дифракционные оптические элементы и голограммы. Студенты смогут применять методы компьютерной голографии для формирования изображений двух и трёхмерных объектов, а также методы цифровой голографии для регистрации комплексных световых полей.

По результатам прохождения дисциплины студент должен овладеть принципами моделирования процессов, происходящих в основных блоках систем микроволновой фотоники и когерентной дифракционной оптики с применением современных пакетов, а также при взаимодействии технических и биологических систем; а также работы со стандартными пакетами программ обработки сигналов и изображений, и графическими редакторами.

## **10. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ**

При освоении курса студентам необходимо получить ясное представление о методах формирования, обработки и детектирования как временных, так и пространственно-модулированных сигналов в оптико-цифровых системах фотоники и информационной оптики, в том числе современных цифровых системах; основам цифровой обработки сигналов и

изображений, включая восстановление, улучшение качества и распознавание; основам моделирования и анализа оптико-цифровых систем фотоники и когерентных дифракционных систем информационной оптики. Для успешного освоения дисциплины необходимы знания по предшествующим университетским курсам физики, математического анализа, оптики и фотоники.

Следует также обратить внимание на следующие вопросы:

- Частотный, временной и пространственный анализ сигналов и изображений.
- Дискретное преобразование Фурье и алгоритм БПФ.
- Фотонные аналого-цифровые преобразователи.
- Численное решение задачи распространения сигналов в оптическом волокне.
- Морфологическая обработка изображений.
- Методы синтеза моделей дифракционных структур голограмм, формирующих изображение в ближней и дальней зонах дифракции Френеля, а также в дальней зоне (зоне Фраунгофера).
- Методы синтеза моделей дифракционных структур амплитудных и фазовых голограмм.
- Фильтрация и корреляционное распознавание изображений.
- Применение алгоритмов искусственного интеллекта в компьютерной голографии и цифровой голографии.
- Аппаратная реализация методов искусственного интеллекта с помощью методов и схем микроволновой фотоники и когерентной дифракционной оптики.

Для закрепления пройденного материала студентам демонстрируются наглядные пособия и компьютерные презентации, которые могут быть переданы временно замещающему преподавателю. При демонстрации наглядных пособий и презентаций необходимы комментарии, поэтому замещающему преподавателю надо заранее подготовиться к демонстрации.

Главное требование к студентам заключается в регулярном посещении лекций, в рамках которых дается как классический материал, так и освещаются новые аспекты методов обработки информации в оптике, фотонике и медицине. Это является особенно важным из-за последних достижений в области бурно развивающейся медицинской физики.

Автор(ы):

Злоказов Евгений Юрьевич

Евтихиев Николай Николаевич, д.ф.-м.н., профессор

Рецензент(ы):

Стариков Р.С. профессор